

直接引張強度および割裂引張強度によるひび割れ予測に関する一考察

法政大学 大学院
法政大学 大学院
法政大学

正会員 ○新井 淳一
学生会員 仙場 亮太
正会員 溝渕 利明

1. 目的

近年、ひび割れ予測精度の向上に関する研究が多く進められている。ひび割れ予測を行うための物性値であるコンクリートの引張強度は、円柱供試体を割裂試験によって間接的に求められていることが多い。しかし、割裂試験では供試体を横向きに設置して上方より圧縮荷重を加えているため、载荷点付近で拘束応力が作用して一様な引張応力が生じないという問題点がある。一方で、直接引張試験は引張強度と引張変形を確認することができるものの、一軸方向に引張力を作用させることが難しいことから、供試体に曲げ応力が作用する場合がある。このため、既往の研究では直接引張強度と割裂引張強度の関係に対して統一的な見解が得られていないのが実情である。本研究では、割裂引張強度と直接引張強度を比較して関係を確認するとともに、拘束条件下におけるひび割れ発生を模擬する試験を行い、発生応力度と割裂引張強度および直接引張強度の比較を行った。

2. 実験概要

2.1 直接引張強度試験方法

直接引張強度試験装置および供試体の概要を写真-1 および図-1 に示す。供試体は、拘束治具に接する位置での応力集中を緩和させるために両端を扇状にした100×100×840mm のドックボーン形状とし、中央部の220mm 区間を試験位置とした。载荷装置は、1 回転0.3mm のスクリージャッキとし、ロードセルで荷重の測定を行った。



写真-1 直接引張強度試験装置

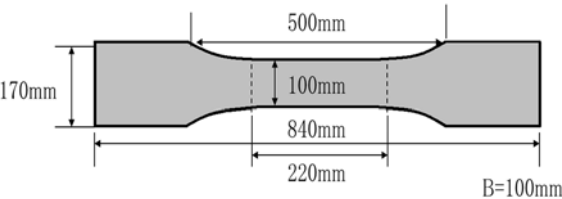


図-1 直接引張強度試験供試体の概念図

2.2 拘束条件下におけるひび割れ発生模擬試験方法

拘束条件下におけるひび割れ発生時の応力度を測定するTSTM試験装置(Thermal Stress Testing Machine)を図-2 に示す。TSTM試験装置は、装置内部に通水パイプが設置されており、供試体の温度をプログラムの設定通りに自動制御することが可能である。¹⁾

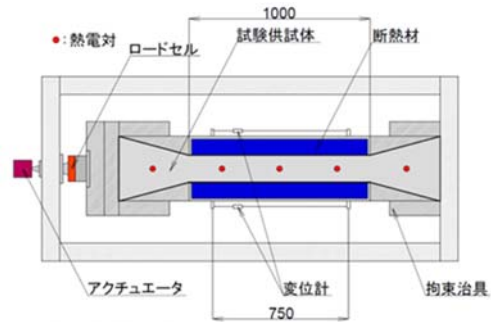


図-2 ひび割れ発生模擬試験装置の概念図

2.3 試験水準

直接引張強度試験およびひび割れ発生模擬試験の試験水準を表-1 に示す。使用するセメントは、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、高炉セメントB種、および低熱高炉セメントB種とした。直接引張強度試験は、材齢3、7、14 および28 日で測定した。また、円柱供試体を利用して割裂引張強度試験も同材齢で実施した。

表-1 試験水準

要因	直接引張強度試験水準	ひび割れ発生模擬試験水準
セメント種別	普通ポルトランドセメント 早強ポルトランドセメント 高炉セメントB種 低熱高炉セメントB種	普通ポルトランドセメント 高炉セメントB種 低熱高炉セメントB種
水セメント比(%)	30.40.50.55.60	55
材齢(日)	3.7.14.28	—

キーワード 直接引張試験方法、直接引張強度、割裂引張強度

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶尾町 3-7-2 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL 042-387-6286

3. 実験結果

3.1 直接引張試験および割裂引張強度試験結果

同材齢で実施した直接引張強度試験結果および割裂引張強度試験結果の比較を図-3に示す。

普通ポルトランドセメントおよび低熱高炉セメントB種は、20%程度のバラツキがあるが両試験結果は概ね合致する結果となった。早強ポルトランドセメントは、割裂引張強度が直接引張強度を30%程度上回る結果となった。高炉セメントB種も割裂引張強度が直接引張強度を50%程度上回る結果となった。

3.2 ひび割れ発生模擬試験結果

ひび割れが発生した材齢を表-2に示す。また、材齢8日でひび割れが発生した供試体で測定した応力度履歴を図-4に示す。

4. 応力度と各引張強度の比較

強度試験結果より、高炉セメントB種の各強度推定式を式(1)および(2)に示すように算出した。この強度推定式を利用して材齢および有効材齢で推定した強度履歴と測定した応力度履歴を図-4および5に示す。

材齢で推定した強度では、材齢8日で割裂引張強度と応力度がほぼ同等となった。有効材齢で推定した強度では、有効材齢22日で直接引張強度と応力度がほぼ同等となった。ひび割れ予測を行う際には、実構造物における温度履歴を考慮するため、有効材齢で検討を行う必要がある。このため、直接引張強度を適用することで精度が向上する可能性を見いだすことができた。

$$f_{td} = 1.00t^{0.279} \quad (1)$$

$$f_{tm} = 1.51t^{0.240} \quad (2)$$

ここに、

f_{td} : 直接引張強度 (N/mm²)

f_{tm} : 割裂引張強度 (N/mm²)

t : 材齢 (日)

5. まとめ

直接引張強度と割裂引張強度は、セメント種別によって同等または割裂引張強度が大きくなる傾向であった。

高炉セメントB種では、温度履歴を考慮したひび割れ発生時期を評価する際に、直接引張強度を適用することで精度が向上する可能性があることが確認できた。今後の課題として、各種セメントによる検証などが挙げられる。

参考文献

- 1) 新井淳一, 兄父貴浩, 仙場亮太, 溝渕利明, コンクリートの自己収縮ひずみ量の予測に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol36, No.1, 2014

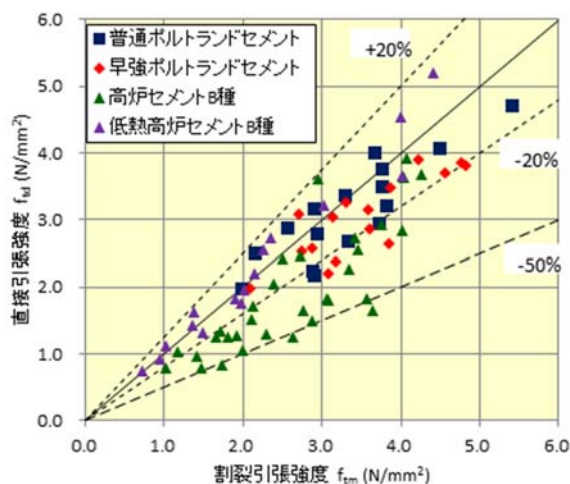


図-3 直接引張強度および割裂引張強度の比較

表-2 ひび割れ模擬試験結果

セメント種別	ひび割れ発生時の材齢(日)
普通ポルトランドセメント	5.30
	5.10
	7.80
高炉セメントB種	8.00
	4.50
	2.70
	5.65
低熱高炉セメントB種	7.10

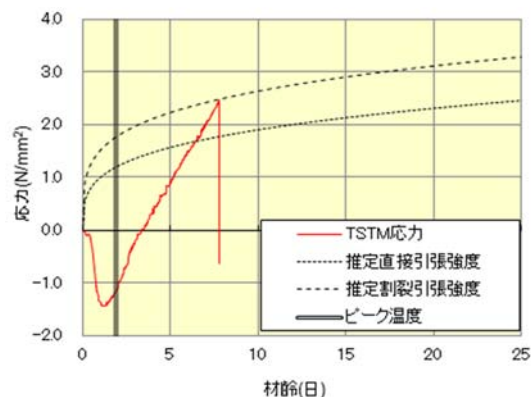


図-4 材齢による推定強度と応力度の比較

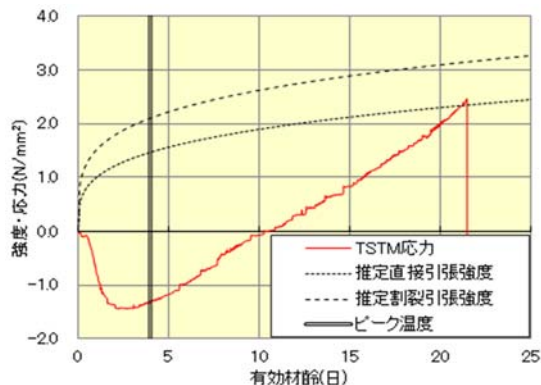


図-5 有効材齢による推定強度と応力度の比較